



Reconstruction de photons non pointants avec ATLAS dans le cadre de théories SUSY GMSB

D. Prieur

► To cite this version:

D. Prieur. Reconstruction de photons non pointants avec ATLAS dans le cadre de théories SUSY GMSB. Journées Jeunes Chercheurs, Nov 2003, La-Roche-en-Ardenne, France. pp.299-301. in2p3-00025216

HAL Id: in2p3-00025216

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00025216>

Submitted on 12 Dec 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Reconstruction de photons non pointants avec ATLAS dans le cadre de théories SUSY GMSB

Damien PRIEUR
L.A.P.P., Annecy-le-Vieux



Résumé

La reconstruction des photons non pointants est un point essentiel pour étudier les modèles de brisure de supersymétrie par médiation de jauge au LHC. Dans cet article la résolution angulaire sur la mesure de la direction de photons non pointants, avec le calorimètre électromagnétique du détecteur ATLAS, est étudié.

69.1 Gauge Mediated Supersymmetry Breaking (GMSB)

L'origine de la brisure de la supersymétrie (SUSY) dans un secteur caché et de sa transmission au secteur du modèle standard supersymétrique (MSSM) sont des points essentiels des modèles SUSY. Quand le secteur caché de brisure de SUSY se situe à l'échelle d'énergie F et que l'échelle des messagers de cette brisure est à l'échelle M , la masse des sparticules du MSSM est de l'ordre de $\lambda F/M$, avec λ le couplage du secteur caché au secteur du MSSM.

Dans le cas des modèles GMSB, la transmission de la brisure SUSY se fait par l'intermédiaire d'interactions de jauge. Les paramètres M et F sont arbitraires mais on s'attend à ce que $M \ll M_{Planck}$. Dans ce cas, la particule SUSY la plus légère (LSP) est le gravitino (\tilde{G}). La particule SUSY suivante dans le spectre de masse (NLSP) peut être un neutralino ($\tilde{\chi}_1^0$) ou un slepton (\tilde{l}). Si la NLSP est un neutralino, le mode de désintégration principal est $\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \gamma \tilde{G}$.

Le neutralino peut avoir un temps de vie $c\tau$ macroscopique, fonction de F et de $m_{\tilde{\chi}_1^0}$. Ainsi les signatures de ces événements sont des photons isolés et non pointants, i.e. ne provenant pas du point d'interaction primaire. La mesure du temps de vie du neutralino permet d'accéder à F , l'un des paramètres libres du modèle que l'on cherchera à estimer. Pour cela on doit reconstruire la position de désintégration du neutralino à partir de la direction du photon et de son temps d'arrivée. La résolution temporelle a été mesurée durant les différents tests en faisceau des modules du calorimètre électromagnétique. Celle-ci, de l'ordre de 0.1 ns, semble suffisamment bonne pour ne pas être un facteur limitant dans cette étude. C'est pourquoi dans la suite de ce travail je m'orienterai plus précisément sur la détermination de la résolution angulaire du calorimètre électromagnétique d'ATLAS et de son influence sur la mesure du temps de vie du neutralino.

69.2 Le calorimètre électromagnétique d'ATLAS

Le calorimètre électromagnétique [1] [2] est un calorimètre projectif avec une bonne granularité pour pouvoir mesurer précisément la position des gerbes électromagnétiques. Celui-ci est divisé longitudinalement en trois compartiments. Le premier compartiment est très finement segmenté selon η en cellules de largeur $\Delta\eta = 0.003125$ (Fig. 69.1), permettant d'atteindre une résolution de 0.30×10^{-3} sur la mesure de la position en η . Le second compartiment a une granularité plus grande selon η avec des cellules de largeur $\Delta\eta = 0.025$. Il a été conçu pour contenir la plus grande partie de la gerbe électromagnétique. Celui-ci a une résolution sur la mesure de la position en η de 0.83×10^{-3} . En combinant la mesure des positions dans les deux premiers compartiments, il est possible de déterminer la direction selon η de la cascade électromagnétique. En théorie on pourrait également se servir de la mesure de la position dans le troisième compartiment pour contraindre encore plus la direction de la gerbe. Mais en pratique sa granularité $\Delta\eta = 0.05$ très médiocre et le fait que des photons de 60 GeV ne déposent que très peu d'énergie dans ce compartiment ne rendent pas son utilisation possible.

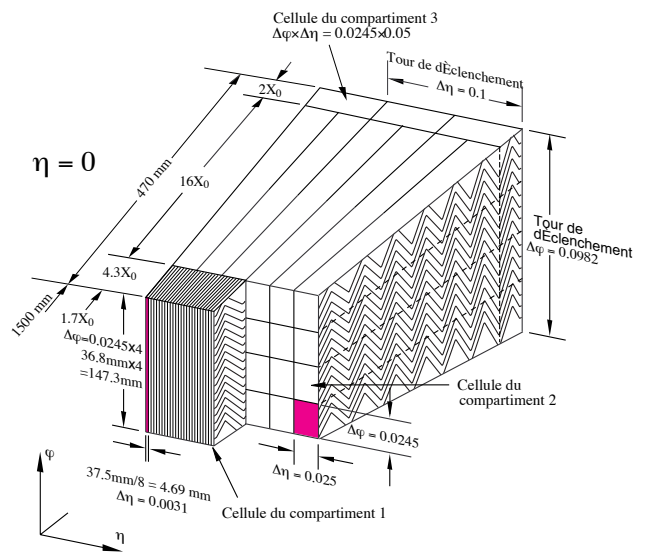


FIG. 69.1 – Granularité des cellules de la partie tonneau du calorimètre électromagnétique.

69.3 Production et reconstruction de photons non pointants

Pour cette étude, plusieurs lots de photons ont été générés. Chacun de ces lots est constitué de 20000 photons d'impulsion transverse $p_t = 60$ GeV, répartis aléatoirement dans la partie tonneau du calorimètre électromagnétique ($\eta < 1.4$). Les photons pointants ont été générés au centre du détecteur ATLAS avec une dispersion sur la position du vertex de génération de 5.6 cm le long de l'axe Z et de $15 \mu\text{m}$ radialement, ceci afin de simuler de manière réaliste la zone d'interaction des faisceaux du LHC. Pour chacun des lots de photons non pointants le vertex de génération a été déplacé de 10 cm à 150 cm le long de l'axe Z sans dispersion. Tous ces événements ont été entièrement simulés avec Dice/Atlsim(v3.2.1), la description du détecteur ATLAS sous Geant3 [3].

La reconstruction de tous les événements a été faite avec les programmes standards de reconstruction d'ATLAS (Athena v6.5.0). Aucun bruit électronique ou effets d'empilements n'ont été ajoutés durant la reconstruction. Ces deux effets contribueront certainement à dégrader la résolution, toutefois leurs influences ne seront pas étudiées ici.

La reconstruction standard utilise un algorithme de *fenêtre* pour trouver les régions d'intérêt dans le calorimètre, ensuite des clusters 3x3 sont créés pour calculer le barycentre en η de la cascade dans chaque compartiment. Cette position est la moyenne des positions de chaque cellule du cluster pondérée par son énergie :

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta_i E_i}{\sum E_i} \quad (69.1)$$

En calculant la position moyenne de la gerbe dans chacun des compartiments du calorimètre (η_1, η_2) et en utilisant une paramétrisation de la profondeur de la gerbe ($R_1(\eta_1), R_2(\eta_2)$) on est capable de reconstruire la direction de la cascade avec la relation suivante :

$$\sinh(\eta_p) = \frac{R_2(\eta_2) \sinh(\eta_2) - R_1(\eta_1) \sinh(\eta_1)}{R_2(\eta_2) - R_1(\eta_1)} \quad (69.2)$$

où η_p est l'angle entre la direction reconstruite du photon et l'axe Z du détecteur ATLAS.

69.4 Résolution angulaire

La résolution angulaire atteinte en utilisant la reconstruction standard est visible sur la figure 69.2. La résolution se dégrade rapidement, passant de 60 mrad à 800 mrad, pour Z_{vertex} variant de 0 cm à 100 cm. Ceci est la résultante de plusieurs effets. Tout d'abord, lorsque l'on reconstruit la position d'une gerbe électromagnétique dans le second compartiment du calorimètre, la granularité des cellules est la source d'un biais systématique dans la détermination du barycentre selon

η . C'est ce que l'on appelle l'effet de *S-shape*. La correction de ce biais est ajustée pour des photons pointants. Mais pour des photons non pointants, cette correction n'est plus efficace et contribue à la dégradation de la résolution. Une autre source de dégradation provient du fait que les clusters de taille 3x3 ne sont plus suffisamment grands pour contenir toute la cascade électromagnétique. On a alors une perte d'énergie hors du cluster. L'équation Eq. (69.1) n'est plus valide et donne lieu à des décalages systématiques lors du calcul de la position η pour chacun des compartiments. Finalement la paramétrisation de la profondeur de la gerbe, déterminée avec des photons pointants, n'est également plus valide pour des angles de déviations élevés.

Pour améliorer la résolution, plusieurs changements ont été apportés à l'algorithme de reconstruction standard. Tout d'abord la taille des clusters a été étendue à 5x3 et les corrections pour la S-shape ne sont plus appliquées. Pour chaque compartiment, le décalage systématique observé dans la reconstruction de la position η a été paramétrisé en fonction de la position du vertex de génération. Un algorithme itératif utilisant cette dernière paramétrisation a été écrit pour corriger ce biais systématique. L'algorithme converge en trois itérations et les résultats de cette correction sur la résolution angulaire sont visibles sur la figure 69.2. Pour de petits décalages de la position du vertex ($Z < 30$ cm) la reconstruction standard donne une meilleure résolution. Ceci est due à l'absence de corrections pour l'effet de S-shape. Pour des décalages plus importants du vertex ($Z > 30$ cm), les corrections de S-shape de la reconstruction standard ne sont plus efficaces. L'algorithme de reconstruction spécifique aux photons non pointants permet alors d'améliorer la résolution de manière significative.

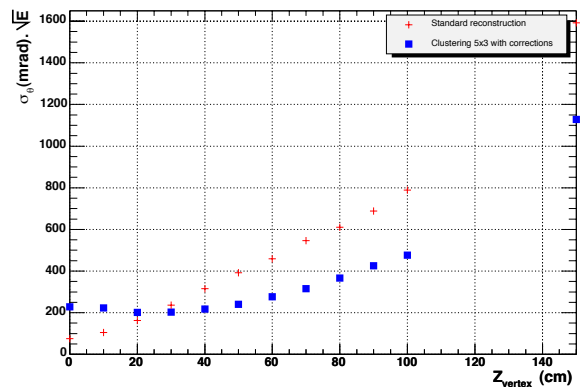


FIG. 69.2 – Résolution angulaire de la partie tonneau du calorimètre électromagnétique d'ATLAS en fonction de la position du vertex de production le long de l'axe Z.

69.5 Conclusion

Cette étude montre que les algorithmes de reconstruction standard ne sont pas adaptés pour les photons non pointants et qu'un traitement spécifique est nécessaire pour améliorer la résolution angulaire. Il reste encore à inclure les corrections de S-shape pour atteindre une résolution équivalente à celle des algorithmes de reconstruction standard pour des photons peu non pointants. Une étude des profils dissymétriques des gerbes de photons non pointants pourrait également permettre d'extraire une méthode alternative pour calculer les barycentres selon η pour ainsi réduire le biais systématique introduit.

La résolution angulaire ainsi obtenue semble acceptable pour le canal le canal de désintégration GMSB étudié. Une étude complète utilisant la simulation rapide du détecteur ATLAS et la paramétrisation de la résolution précédemment déterminée est en cours. Elle permettra d'étudier l'influence des performances du calorimètre électromagnétique sur la détermination du temps de vie du neutralino et de l'échelle de brisure de supersymétrie.

Au printemps 2004 aura lieu une série de tests en faisceaux regroupant l'ensemble des sous-détecteur d'ATLAS. A cette occasion, des photons non pointants seront générées et permettront ainsi de confronter ces résultats provenant de la simulation complète du détecteur avec de vraies données.

Remerciements

Je tiens à remercier les organisateurs des JJC et les coordinateurs des différentes sessions pour cette semaine très instructive ainsi que pour le cadre de *travail* très agréable.

Références

- [1] A. Airapetian et al. CERN-LHCC-96-40.
- [2] O.B. Abdinov et al. CERN-LHCC-99-14.
- [3] A. Artamonov, A. Dell'Acqua, D. Froidevaux, M. Nelli, P. Nevski et G. Poulard. ATLAS-SOFT/95-14c.